

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-168461

(43)Date of publication of application : 22.06.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/183

H01S 5/42

(21)Application number : 2000-172300

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 08.06.2000

(72)Inventor : UEKI NOBUAKI
NAKAMURA TAKESHI
MURAKAMI AKEMI

(30)Priority

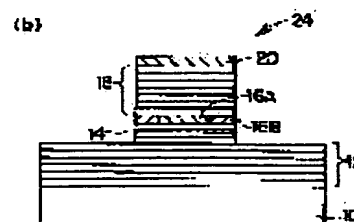
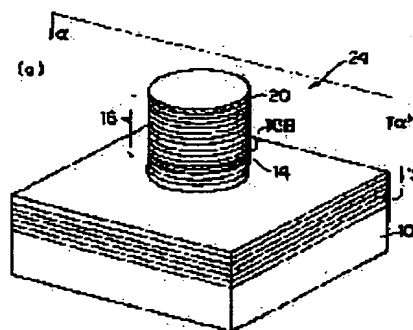
Priority number : 11281154 Priority date : 01.10.1999 Priority country : JP

(54) SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER AND LASER ARRAY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface-emitting semiconductor laser, where the polarization of laser beam is controlled to be in the constant direction with a relatively simple configuration, for a low threshold current and high output, and to provide a laser array where no variation in polarization characteristics exists among laser elements provided on a single substrate.

SOLUTION: On the main surface of a semiconductor substrate 10, upper and lower reflecting mirror layers 12 and 18 are formed with an active layer 14 in-between, and at least one of mirror layers is provided with a selectively oxidized layer 16 where its peripheral edge is oxidized. Here, the main surface of a semiconductor substrate 10 is tilted against a reference plane containing a crystal axis, and related to the selectively oxidized layer 16, a layer which is to be oxidized wherein the profile provided, when it is cut along the plane parallel to the main surface is smooth in a macro manner, comprising at least no singular point, is oxidized starting with a peripheral edge.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-168461
(P2001-168461A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl.

H 0 1 S 5/183
5/42

識別記号

F I

H 0 1 S 5/183
5/42

テームコード (参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-172300(P2000-172300)

(22) 出願日 平成12年6月8日 (2000.6.8)

(31) 優先権主張番号 特願平11-281154

(32) 優先日 平成11年10月1日 (1999.10.1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 植木 伸明

神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ

ックス株式会社海老名事業所内

(72) 発明者 中村 毅

神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ

ックス株式会社海老名事業所内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外3名)

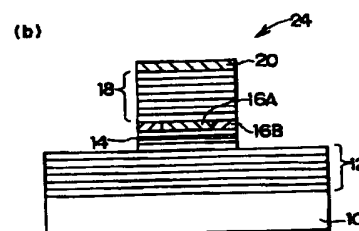
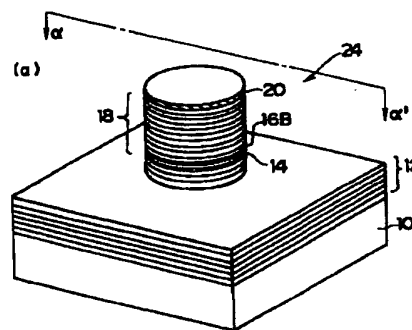
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ及びレーザアレイ

(57) 【要約】

【課題】 比較的簡単な構成でレーザ光の偏光を一定方向に制御することができ、低しきい値電流、高出力を得ることができる面発光型半導体レーザを提供する。また、単一基板上に複数個並べて配置した各レーザ素子間で偏光特性にばらつきの無いレーザアレイを提供する。

【解決手段】 半導体基板10の主面に、活性層14を挟んで上下の反射ミラー層12、18が形成され、上下の反射ミラー層12、18の少なくとも一方にその周縁部が酸化された選択酸化層16を備えた面発光型半導体レーザにおいて、半導体基板10の主面を、基準となる結晶軸を含む面に対して傾斜させ、選択酸化層16を、主面と平行な面で切断したときの外周形状が少なくとも特異点のないマクロ的に滑らかな形状の被酸化層を周縁部から酸化して形成する。



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板の主面に、活性層を挟んで上下の反射膜が形成され、該上下の反射膜の少なくとも一方に、その周縁部が酸化された選択酸化層を備えた面発光型半導体レーザにおいて、

前記半導体基板の主面は基準となる結晶軸を含む面に対して傾斜しており、主面と平行な面で切断したときの外周形状が少なくとも特異点のないマクロ的に滑らかな形状の被酸化層を周縁部から酸化して、前記選択酸化層を形成したことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項2】前記基準となる結晶軸を含む面は、結晶学的に(100)面と等価な結晶面方位を有することを特徴とする請求項1に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項3】前記主面は、[100]方向を基準として[110]方向に対して -5° から $+5^{\circ}$ の範囲の角度傾斜させることを特徴とする請求項1または2に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項4】前記被酸化層を主面と平行な面で切断したときの外周形状が、円、楕円、及び長円のいずれかであることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項5】前記外周形状が楕円または長円であり、その長軸方向が[011]方向、または[01-1]方向であることを特徴とする請求項4に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項6】前記選択酸化層の非酸化領域は、0次基本モード発振が得られる範囲内の直径を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項7】発光部上方に、前記基準となる結晶軸の半導体基板主面に降ろした射影に対して少なくとも -10° から $+10^{\circ}$ の範囲の角度をなす延伸方向で、上部配線を配置したことを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項8】請求項1～7のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザを、単一基板上に複数個並べて配置したことを特徴とするレーザアレイ。

【請求項9】発光部上方に、前記基準となる結晶軸の半導体基板主面に降ろした射影に対して少なくとも -10° から $+10^{\circ}$ の範囲の角度をなす延伸方向で、上部配線を配置したことを特徴とする請求項8に記載のレーザアレイ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面発光型半導体レーザ及びレーザアレイに関し、特に、光情報処理や光通信、あるいは光を用いた画像形成装置の光源として利用される偏光制御型の面発光型半導体レーザと、この面発光型半導体レーザを複数個配列したレーザアレイに関する。

【0002】

【従来の技術】レーザ応用技術においては、しばしば発光スポットの円形化が要求されるが、面発光型半導体レーザは、発光スポットの円形化が容易にできる、という特徴を持ち、また、2次元集積が可能であることから、利便性の高い光源として、通信分野を中心に注目を集めている。ところで、歪み量子井戸活性層を有するいわゆる歪み系の面発光型半導体レーザを除けば、面発光型レーザは出射方向に対して垂直な平面内において発振しきい値利得の異方性を持たないから、偏光はすべての方向に対して等しい確率で向くことになる。即ち、レーザ素子ごとに異なる偏光を有することになる。

【0003】レーザ素子によって偏光方向が異なると、特殊なコーティングを施していないミラーや偏光ビームスプリッタといった偏波依存性のある光学素子を組合せて使用した場合、これらを通じた後の光線において、光学的な特性変化が生じる。また、多数個のレーザ素子を同一の光学系を用いて使用する場合、レーザ素子毎に異なる偏光特性の影響で光量ばらつきが生ずるなど支障をきたす。このため、従来よりレーザ素子の偏光を一方に安定化させる工夫がなされている。

【0004】これまでも様々な偏光制御の方法が考えられてきたが、完全な制御となると必ずしも成功しておらず、現在もなお各方面での検討が進められている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】近年では、傾斜基板を用いる偏光制御方法が有力視されている。

【0006】IEEE フォトニクステクノロジーレターズ 第10巻、633頁には、ガリウム砒素(GaAs)(311)B面を法線方向とする傾斜基板を用いたインジウムガリウム砒素(InGaAs)系の選択酸化型面発光型レーザが記載されている。選択酸化によって形成された光導波(活性)領域の径は $6\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ の矩形で、長軸方向は $[-233]$ 方向にあたり、偏光の方向も $[-233]$ 方向である。この選択酸化型面発光型レーザにおいては、このように極めて特殊な傾斜基板を使用することで、偏光モード抑圧比30dB以上の特性を得ている。

【0007】この方法は偏光の制御には非常に有効な手段であると思われるが、(311)B面を法線方向とするGaAs傾斜基板は特殊仕様であるため、(100)面を法線方向とする汎用基板に比べるとコストが割高である。また、結晶成長に関しても、広く行われている(100)面上の成長とは条件が異なるため、再現性の良い成長条件を見つけ、実用化するまでには多大のコストと時間を要する。

【0008】また、アブライドフィジクスレターズ 第71巻、741頁には、(111)A方向にわずか 2° 傾斜させた(001)基板(上述の(100)基板とは記方上の違いであり、結晶学的に言えば等価な結晶面方

50

(3)

3

位を表す)を用いて作製されたアルミニウムガリウム砒素 (AlGaAs) 系のプロトン注入型面発光型レーザーが記載されている。このプロトン注入型面発光型レーザーでは、偏光モード抑圧比が最大で400を超える特性を得ている。ここで用いられている2°程度の傾斜の基板は、低転位基板として広く使用されているため入手も容易で、結晶成長条件も傾斜させていない基板を用いる場合とほとんど変わらず、この方法は簡便な偏光制御手段と言える。

【0009】しかしながら、得られるレーザーはプロトン注入型面発光型レーザーである。

【0010】プロトン注入型レーザーはサーマルレンズ効果と呼ばれる電流注入に伴う発熱を利用した素子であるため、ある程度の時間、電流が注入され続けると熱による導波路形成がなされないからレーザー発振に至らず、しきい値電流が数ミリアンペアと高い上に光応答特性が悪いという、構造に起因する特性上の課題を有している。このため、最近では、酸化領域を形成して電流狭窄と光閉じ込めを行い、低しきい値電流で高出力を得ることができる選択酸化型面発光型レーザーが主流になりつつある。しかしながら、選択酸化型面発光型レーザーでは、酸化領域の形状が偏光特性に影響を与えることが知られており、また、この偏光特性は製造プロセス履歴にも大きく左右されるので、プロトン注入型面発光型レーザーと同様の方法では、選択酸化型面発光型レーザーの偏光方向を充分に制御することができない。

【0011】また、上記文献に記載のプロトン注入型面発光型レーザーでは、偏光モード抑圧比が100以上の値を示すのは光出力値がピークを迎えるよりも手前の範囲にとどまっており、さらに高出力で偏光制御が可能なことが求められる。

【0012】また、レーザー素子を複数個配列して駆動するレーザーアレイの場合には、各素子の偏光方向が揃うように制御されることが特に必要とされるが、測定された偏光モード抑圧比は1素子についてのものにすぎず、アレイ化した場合にすべての素子で偏光方向にばらつきがなく同じ特性が得られるという保証はない。

【0013】従って、本発明の第1の目的は、比較的簡単な構成でレーザー光の偏光を一定方向に制御することができ、低しきい値電流、高出力を得ることができる面発光型半導体レーザーを提供することにある。また、本発明の第2の目的は、単一基板上に複数個並べて配置した各レーザー素子間で偏光特性にばらつきの無いレーザーアレイを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、請求項1に記載の面発光型半導体レーザーは、半導体基板の主面に、活性層を挟んで上下の反射膜が形成され、該上下の反射膜の少なくとも一方に、その周縁部が酸化された選択酸化層を備えた面発光型半導体レー

ザーにおいて、前記半導体基板の主面は基準となる結晶軸を含む面に対して傾斜しており、主面と平行な面で切断したときの外周形状が少なくとも特異点のないマクロ的に滑らかな形状の被酸化層を周縁部から酸化して、前記選択酸化層を形成したことを特徴とする。

【0015】請求項1の発明によれば、基準となる結晶軸を含む面に対して傾斜した半導体基板を用いて、特異点のないマクロ的に滑らかな外周形状を有する被酸化層の周縁部から酸化を行い、その周縁部が選択的に酸化された選択酸化層を形成することで、被酸化層の外周形状と略相似形の外周形状を有する非酸化領域が形成され、光学モードの発振しきい値利得の異方性を誘起し、スイッチング等起こすことなく偏光が一定方向に制御される。

【0016】また、酸化領域は殆ど電流を通さないため、半導体基板の主面に平行な面内において電流狭窄及び光閉じ込めがなされる屈折率導波路が形成されるから、横モードが安定で、かつしきい値電流の低い、良好な特性の素子が得られる。

【0017】請求項2の発明は、請求項1に記載の面発光型半導体レーザーにおいて、前記基準となる結晶軸を含む面は、結晶学的に(100)面と等価な結晶面方位を有することを特徴とする。

【0018】請求項3の発明は、請求項1または2に記載の面発光型半導体レーザーにおいて、前記主面は、[100]方向を基準として[110]方向に対して-5°から+5°の範囲の角度傾斜させることを特徴とする。

【0019】請求項4の発明は、請求項1～3のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザーにおいて、前記被酸化層を主面と平行な面で切断したときの外周形状が、円、楕円、及び長円のいずれかであり、請求項5の発明では、請求項4の発明において外周形状が楕円または長円である場合に、更にその長軸方向が[011]方向、若しくは[01-1]方向であることを特徴とする。

【0020】請求項6の発明は、請求項1～5のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザーにおいて、前記選択酸化層の非酸化領域は、0次基本モード発振が得られる範囲内の直径を有することを特徴とする。

【0021】請求項2から6の発明によれば、それぞれが光学モードの発振しきい値利得の異方性を引き出すための最適条件となっているから、これらの相乗効果により、さらに偏光の制御性が高まった面発光型半導体レーザーを得ることができる。

【0022】請求項7の発明は、請求項1～6のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザーにおいて、発光部上方に、前記基準となる結晶軸の半導体基板主面に降ろした射影に対して少なくとも-10°から+10°の範囲の角度をなす延伸方向で、上部配線を配置したことを特徴とする。

【0023】請求項8の発明によれば、配線とその下部

(4)

5

に配置された材料間での熱膨張係数の違いにより、活性領域に対して配線方向に沿った応力が印加されるから、基板のオフ角度方向と配線の延伸方向とを略一致させることで、発振しきい値利得の応力依存性に起因する異方性が生じて、偏光が一定方向に制御された面発光型半導体レーザを得ることができる。

【0024】上記第2の目的を達成するために、請求項8に記載のレーザアレイは、請求項1～7のいずれか1項に記載の面発光型半導体レーザを、単一基板上に複数個並べて配置したことを特徴とする。

【0025】請求項8の発明によれば、各レーザ素子が、同様に光学モードの発振しきい値利得の異方性が誘起され、偏光が一定方向に制御されるため、各レーザ素子間で偏光特性にばらつきの無いレーザアレイを得ることができる。

【0026】請求項9の発明は、請求項8に記載のレーザアレイにおいて、発光部上方に、前記基準となる結晶軸の半導体基板主面に降ろした射影に対して少なくとも -10° から $+10^\circ$ の範囲の角度をなす延伸方向で、上部配線を配置したことを特徴とする。

【0027】請求項9の発明によれば、複数個の素子間で方向性の様な応力が活性層に印加されるから、素子間でばらつきのない、偏光方向が揃った面発光型半導体レーザアレイを得ることができる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1～図6を参照して説明する。

(第1の実施形態) 図1(a)及び(b)に示すように、第1の実施形態の面発光型半導体レーザは、活性領域14及び選択酸化層16が形成され、円柱状のポスト部24を備えた上面放出型の面発光型半導体レーザ素子であり、本実施の形態の傾斜基板10では、この結晶学的な面方位が図2(a)に示す通り、 $[100]$ 方向から (110) 面の法線方向である $[110]$ 方向に略 2° 傾斜している。なお、半導体ウエハの結晶方位を図2

(b)に示したが、結晶面が (100) であり、この面の法線から仰角 45° で $[010]$ 方向に倒した方向が $[110]$ 方向である。以下、詳細に説明する。

【0029】n型GaAs傾斜基板10上には、詳細には図示しないがn型不純物であるシリコン(Si)をドーピングした厚さ $\lambda/(4nr)$ (λ :発振波長、 nr :媒質の屈折率)のn型A10.9Ga0.1As膜と厚さ $\lambda/(4nr)$ のn型A10.3Ga0.7As膜とを交互に40.5周期積層してキャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を得たn型第1反射ミラー層12が設けられている。

【0030】n型第1反射ミラー層12の上面には、中央部に4層の膜厚5nmのアンドープA10.3Ga0.7As障壁層と3層の膜厚8nmのアンドープA10.11Ga0.89As井戸層とが交互に積層された量子井戸活性層(図示せず)を有するアンドープA10.5Ga0.5As

からなるスペーサ層14が設けられている。

【0031】この量子井戸活性層を含むスペーサ層14の膜厚は λ/nr の整数倍となるよう設定され、定在波が保持される構造となっている。すなわち、面発光型半導体レーザとして機能する際、光強度の最も強いいわゆる「腹」の部分が、スペーサ層14の中央付近に配置された量子井戸活性層(図示せず)の領域と重なるよう設計されている。

【0032】スペーサ層14の上面には、反射ミラー層を構成するA10.9Ga0.1As膜やA10.3Ga0.7As膜よりもA1の組成比が高く、水蒸気雰囲気下での熱処理によって酸化を受けやすいA1As層16Aが積層され、後にA1As層16Aの周縁部が選択的に酸化されて周縁部酸化領域16Bとなっている。ここでは、酸化されずに残ったA1As層16Aと周縁部酸化領域16Bとからなる層を選択酸化層16と称する。

【0033】A1As層16Aの上面には、詳細には図示しないが炭素(C)をドーピングした厚さ $\lambda/(4nr)$ のp型A10.9Ga0.1As膜と厚さ $\lambda/(4nr)$ のp型A10.3Ga0.7As膜とを交互に30周期積層して $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ のキャリア濃度を得たp型第2反射ミラー層18と、Cをドーピングしてキャリア濃度 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ を得た膜厚10nmのp型GaAsコンタクト層20とが設けられている。このような層構成を有する基板を加工して略円柱状のポスト部24が形成されている。

【0034】ところで、p型第2反射ミラー層18は、前述したn型第1反射ミラー層12よりも周期数(層数)が少なくなっており、レーザに対する光学的な反射率がn型第1反射ミラー層12よりも小さくなるように設計されている。この反射率差によって出射光がポスト部24上面から取り出されることになる。なお、図示はしていないが、p型第2反射ミラー層18を構成するp型A10.9Ga0.1As膜とp型A10.3Ga0.7As膜との間にはその中間のA1組成比を有する中間層が段階的に設けられており、素子の直列抵抗を下げる働きをしている。

【0035】以下、上記構成の面発光型半導体レーザの製造工程を図3～図5を参照して説明する。

【0036】図3に示すように、n型GaAs基板10上に、n型A10.9Ga0.1As膜とn型A10.3Ga0.7As膜とを交互に積層して構成したn型第1反射ミラー層12と、中央部に量子井戸活性層(図示せず)を有するアンドープA10.5Ga0.5Asスペーサ層14と、A10.9Ga0.1As膜とA10.3Ga0.7As膜よりもA1組成を高く調整したA1As層16Aと、p型A10.9Ga0.1As膜とp型A10.3Ga0.7As膜とを中間層(図示せず)を介して交互に積層して構成したp型第2反射ミラー層18と、p型GaAsコンタクト層20とを、例えば、有機金属気相成長(MOCV

(5)

7

D) 法や分子線エピタキシー(MBE)法などの半導体結晶成長技術を用いて順次積層形成する(積層工程)。

【0037】上記の積層膜上の全面にシリコン系絶縁膜22を堆積した後、フォトリソグラフィ技術を使って直径20~50 μm の円形に加工する。次に図4に示すように、これをエッチングマスクとして反応性イオンエッチングを行い、n型第1反射ミラー層12が露出するまでエッチングして円柱状のポスト部を形成する。

【0038】その後、水蒸気を充満させた石英管内で400℃に加熱し、10分間の熱処理を行う。これにより、図5に示すように、円柱状のポスト部の側面に露出したAlAs層16Aが外周部から内部に向かって徐々に酸化され、周縁部酸化領域16Bが形成される。酸化されずに内部に残った非酸化領域の径は円柱状のポスト部の直径に応じて異なるが、本発明の発現に適するものは、典型的には3.5 μm 以下である。

【0039】その後、フォトリソグラフィ技術を使って、GaAs基板10の表面側にはポスト部24の上面に、光を取り出すための開口部を有するp側電極を絶縁保護膜を介して形成し、一方裏面側には全面にn側電極を形成して、 $\lambda\sim 780\text{nm}$ の発振波長を備えた面発光型半導体レーザを得る。

【0040】このような素子において得られた偏光I-L特性を図6に示す。偏光I-L特性とは、偏光プリズムを90°変化させた場合の注入電流に対する光出力を変化前後で比較したものである。左側が[01-1]方向への光出力であり、右側が[011]方向への光出力である。比較のため、同様の工程により得られた角柱状のポスト部を有する素子において得られた偏光I-L特性も示す。

【0041】図6から、円柱状のポスト部を有する(a)の素子では、測定した16個の素子すべての偏光方向が[01-1]方向(図2(b)に示される半導体ウエハのオリフラ部の法線方向に相当)に制御されているのに対して、角柱状のポスト部を有する(b)の素子では、偏光方向が固定されておらず、また特定の電流値において偏光方向のスイッチングが生じており、偏光が十分に制御されていないことがわかる。

【0042】以上説明した第1の実施形態においては、半導体基板に関して[100]から[110]方向に対して略2°傾斜した基板を用いたが、これに限定されことなく、例えば[110]方向とは[001]方向を挟んで対称な位置関係にある[1-10]方向に略2°傾斜した基板でも同様な効果が得られる。実験によれば、傾斜角度0.5°付近から効果が現れ始め、効果は徐々に強まっていくが、傾斜角度が5°を超えると結晶成長条件への影響が無視できなくなるので、-5°~5°の範囲が適当である。また、第1の実施形態においては、円柱状のポスト部の外周形状がエッチングマスクとして用いたシリコン系絶縁膜22の形状に対応して円柱状となってい

るが、これに限定されことなく、例えばエッチングマスクの形状を楕円形や長円形など、基板上から俯瞰した際の周縁部の外周形状が曲線であり、少なくとも特異点のないマクロ的に滑らかな形状とすることで同様の効果を得ることができる。

【0043】偏光をより安定化させるために、ポスト部の外周形状を、利得の異方性が生じ易い長円形または楕円形などの長軸と短軸とを有する形状とすることが好ましい。また、本発明者の実験によれば、長軸の方向を[011]方向または[01-1]方向とした場合にはばらつきのない良好な偏光特性が得られたが、長軸の方向をその中間方向に仕向けた場合にはばらつきが生じた。このため、長円形または楕円形などの長軸と短軸とを有する形状とする場合には、その長軸の方向を[011]方向または[01-1]方向とすることが望ましい。なお「柱状」とは、上面と下面の寸法が同じ物に限らず、上面の方が下面よりも小さいまたは大きい寸法の柱状も含む意味である。

【0044】また、第1の実施形態においては、円柱状のポスト部の側面に露出したAlAs層16Aを外周部から内部に向かって徐々に酸化して周縁部酸化領域16Bを形成し、この時酸化されずに残った内部領域(非酸化領域)の径を3.5 μm 以下としたが、これは全電流注入領域において0次基本モード発振が得られる範囲内の径とする場合の数値であり、実際には基板積層方向に対する周縁酸化領域の活性層からの位置によってはこれ以上の径であっても全電流注入領域において0次基本モード発振が得られることがあり、その場合は径が3.5 μm を超えてもよい。また、必ずしも全電流注入領域において0次基本モード発振が得られず、電流注入の増加と共に高次モードが現れる場合でも、同様な偏光制御効果は観測されており、典型的な選択酸化型レーザの場合、非酸化領域の径が5 μm 以下であれば充分使用可能である。

(第2の実施形態) 第2の実施形態は、上述した第1の実施形態と同様の面発光型半導体レーザ素子のポスト上部に、特定方向へ延伸された金属配線を付加した例である。

【0045】n型第1反射ミラー層12と、スペーサ層14と、AlAs層16Aと、第2反射ミラー層18と、コンタクト層20を備え、AlAs層16Aを外周部から酸化して周縁部酸化領域16Bを形成するところまでは、第1の実施形態と同一であるから説明は省略する。

【0046】n型GaAs基板10上に形成された選択酸化型の面発光レーザ素子26の上部電極28を形成する際に、図7に示すように、基板のオフ角度方向と配線の延伸方向とが一致するように配線を這わせる。ただし光出力を上面から取り出すため、所定部位には光出射用の窓部30を設ける。

【0047】このような状態において得られた偏光I-L特性を図8に示す。比較のため、配線の延伸方向がこれと90°異なる素子について得られた偏光I-L特性も示す。図8から、基板のオフ角度方向と配線の延伸方向とが一致した(a)の素子では偏光方向が完全に[01-1]方向に制御されていたのに対して、基板のオフ角度方向と配線の延伸方向が直交している(b)の素子では特定の電流値において偏光方向のスイッチングが生じており、偏光が制御されていないことがわかる。ここで言う「基板のオフ角度方向と配線の延伸方向の一致」10とは、図7に示す通り、基準となる結晶軸の(100)基板主面に降ろした射影の方向と配線の延伸方向とが基板水平面内でなす角度θが、できる限り0°に近いことを意味している。少なくとも-10°~+10°の角度範囲にあればこの条件に準ずる。

(第3の実施形態) 第3の実施形態は、図9に示すように、上述した第2の実施形態の面発光型半導体レーザ素子26を複数個周期的に並べてアレイ状とした例である。ここでは上部電極28が特定の列方向に共通であり、下部電極(図示しない)も共通の場合は特定列の同時駆動、下部電極が個別に接続されている場合は独立駆動を想定している。ただし、どちらの場合でも本発明の目的である偏光方向の制御性に関して違いはない。

【0048】このようにして作製された約100ピットの発光部を有する独立駆動型面発光レーザアレイの偏光I-L特性を図10に示す。比較のため、配線の延伸方向がこれと90°異なる素子について得られた偏光I-L特性も示す。これによると基板のオフ角度方向と配線の延伸方向とが一致した(a)の素子では偏光方向が完全に[01-1]方向に制御されているのに対して、基板のオフ角度方向と金属配線28の延伸方向とが一致していない(b)の素子では、偏光方向が固定されておらず、特定の電流値において偏光方向のスイッチングが生じており、偏光が制御されていないことがわかる。

【0049】以上説明した第1~3の実施形態においては、周縁部に酸化領域を形成するAlAs層は、第1の反射ミラー層と第2の反射ミラー層とを構成するAl組成比の異なる2種類の膜(A10.9Ga0.1As膜とA10.3Ga0.7As膜)よりもAlの組成を高く調整した組成としているが、前記2種類の膜のうち、Al組成比の高い方(ここでは90%のA10.9Ga0.1As膜)と熱処理を行う際の酸化速度に差が生じれば良いことから、周縁部に酸化領域を形成する層としては、Al組成比(x)が95%以上、望ましくは98%以上のAlxGa1-xAs層であればよい。

【0050】なお、一般にp型層はn型層に比べバンド不連続に起因して、素子抵抗が増大する懸念があるため、このことを考慮して上記第1および第2の実施形態においては、対向して設けられる2つのミラー層のうち層数の少ない光出射側の反射ミラー層の導電型をp型と

しているが、これに限定されることなく導電型を入替えることも可能である。

【0051】また、上記第1~3の実施形態においては、出射光をポスト部が形成された表面側から取り出す構成としたが、GaAs基板裏面から取り出す構成とすることもできる。この場合スペーサ層よりも下側に位置する第1反射ミラー層12の層数より、スペーサ層よりも上側に位置する第2反射ミラー層18の層数の方を多くして相対的な反射率を大きくするとよい。

【0052】なお、上記第1~3の実施形態においては、量子井戸活性層を構成する材料としてGaAs/AlGaAs系半導体を用いたが、これに限定されることなく、例えば量子井戸活性層にGaInP/InGaAlP系半導体を用いることも可能である。

【0053】また、周縁部の酸化領域を形成させるための選択酸化の加熱温度を400℃としたが、これに限定されることなく、最終的な電流通路の大きさが所望の値となるよう制御できる条件であれば良い。温度を上げると酸化速度が増し、短時間で所望の酸化領域を形成することができるが、400℃前後が酸化距離を最も制御し易く好ましい。

【0054】さらに、上記第1および第2の実施形態においては、選択酸化層の数を1つとしているが、これに限定されることなく、2つ以上としても同様の効果を得ることができる。

【0055】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の面発光型半導体レーザは、基準となる結晶軸を含む面に対して傾斜した半導体基板を用いて、特異点のないマクロ的に滑らかな外周形状を有する被酸化層の周縁部から酸化を行い、その周縁部が選択的に酸化された選択酸化層を形成することで、光学モードの発振しきい値利得の異方性を引き出し、偏光を一定方向に制御できるという効果を奏する。

【0056】また、本発明のレーザアレイは、各レーザ素子が、同様に光学モードの発振しきい値利得の異方性を示し、偏光が一定方向に制御されるため、各レーザ素子間で偏光特性にばらつきが無いという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、本発明の第1の実施形態の面発光型半導体レーザにおける概略斜視図、(b)は α - α' 矢視断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態の面発光型半導体レーザにおける半導体基板の結晶学的な面方位を表す説明図である。

【図3】本発明の第1の実施形態の面発光型半導体レーザの製造方法における積層工程終了後の状態を示す概略図である。

【図4】本発明の第1の実施形態の面発光型半導体レーザの製造方法におけるエッチング工程終了後の状態を示す

(7)

11

概略図である。

【図5】本発明の第1実施形態の面発光型半導体レーザの製造方法における酸化工程終了後の状態を示す概略図である。

【図6】(a)は、本発明の第1実施形態の面発光型半導体レーザにおける直交する2方向に偏光分離して測定したI-L特性図、(b)は比較のため測定した角柱状ポスト素子の特性である。

【図7】本発明の第2実施形態の面発光型半導体レーザにおける上面図である。

【図8】(a)は、本発明の第2実施形態の面発光型半導体レーザにおける直交する2方向に偏光分離して測定したI-L特性図、(b)は比較のため測定した基板のオフ角度方向と配線の延伸方向が直交した素子の特性である。

【図9】本発明の第2実施形態の面発光型半導体レーザアレイにおける上面図である。

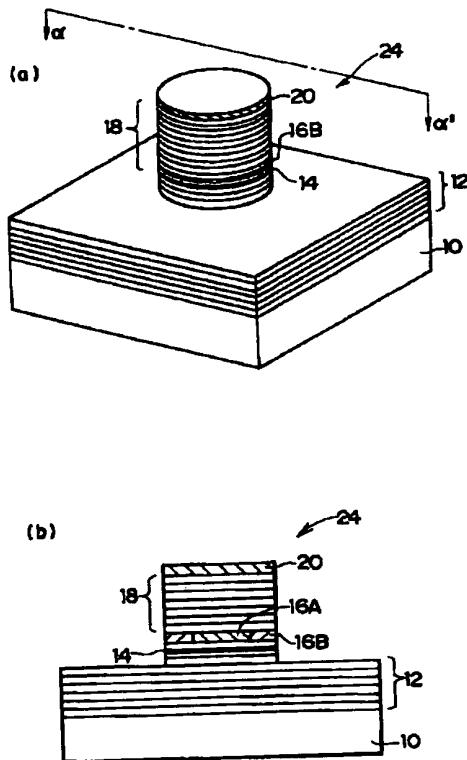
【図10】(a)は、本発明の第2実施形態の面発光型*

*半導体レーザアレイにおける直交する2方向に偏光分離して測定したI-L特性図、(b)は比較のため測定した基板のオフ角度方向と配線の延伸方向が直交したアレイ素子の特性である。

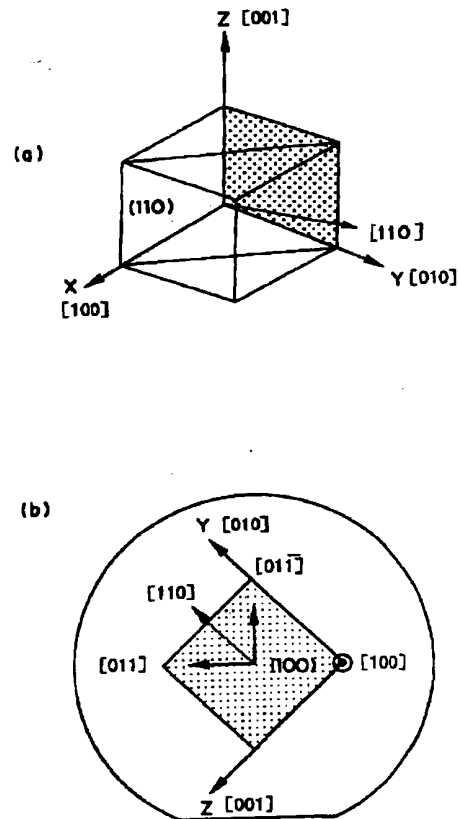
【符号の説明】

| | |
|-----|-----------------|
| 10 | 半導体基板 |
| 12 | 第1反射ミラー層 |
| 14 | 量子井戸活性層を含むスペーサ層 |
| 16A | AlAs層 |
| 16B | 周縁部酸化領域 |
| 18 | 第2反射ミラー層 |
| 20 | コンタクト層 |
| 22 | シリコン絶縁膜 |
| 24 | ポスト部 |
| 26 | レーザ素子 |
| 28 | 上部電極(若しくは金属配線) |
| 30 | 光出射用の窓部 |

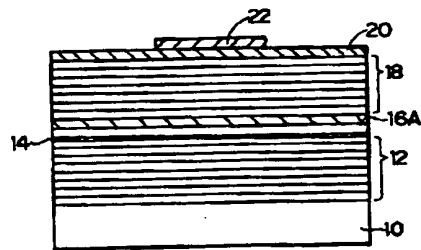
【図1】



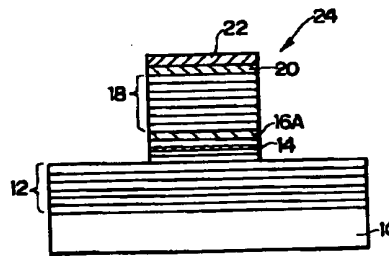
【図2】



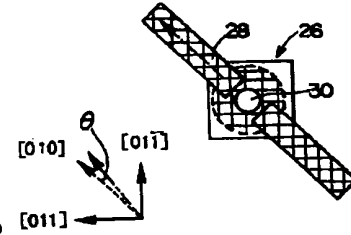
【図3】



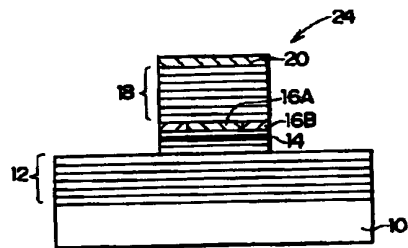
【図4】



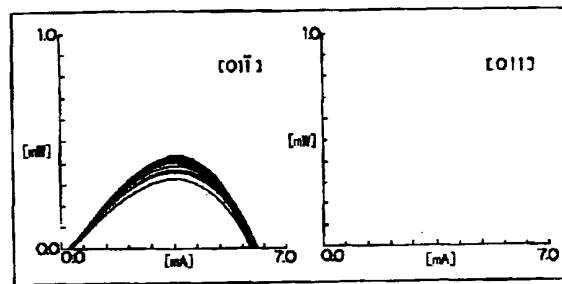
【図7】



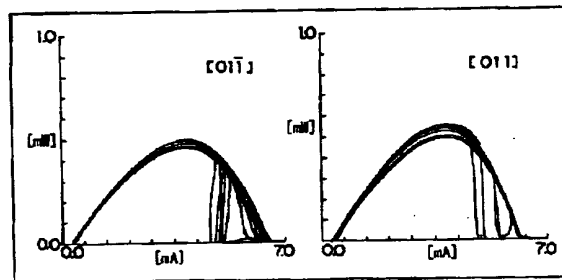
【図5】



【図6】

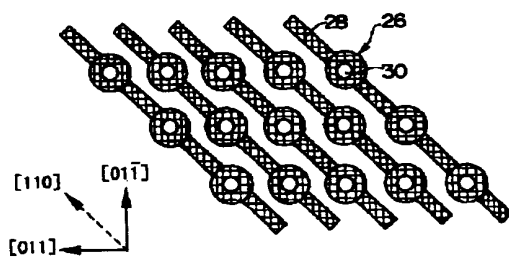


(a)

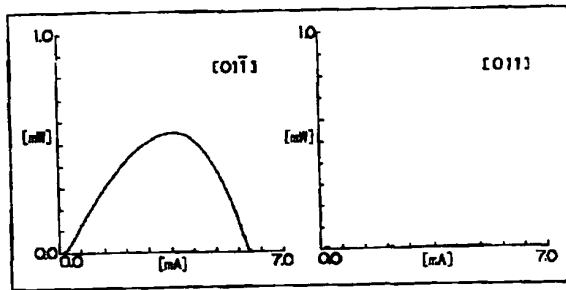


(b)

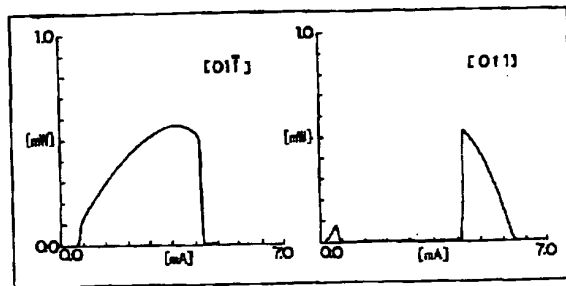
【図9】



【図8】

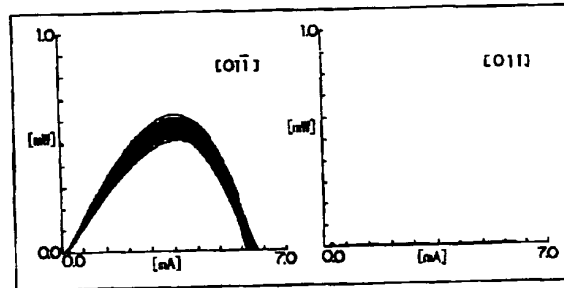


(a)

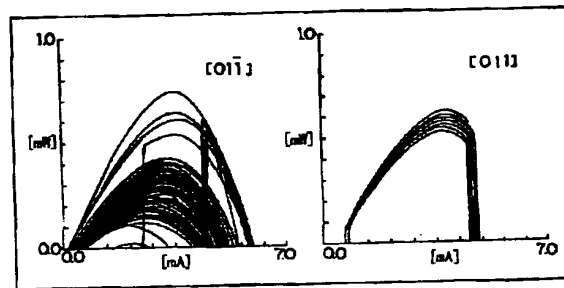


(b)

【図10】



(a)



(b)

フロントページの続き

(72)発明者 村上 朱実
神奈川県海老名市本郷2274番地 富士ゼロ
ックス株式会社海老名事業所内

Fターム(参考) 5F073 AA74 AB02 AB17 BA01 BA09
CA05 CB02 DA05 DA25 DA31
EA22 EA24